

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I
H 0 4 B 7/01		4229-5 J	H 0 4 B 7/01
1/76		4229-5 J	1/76
7/015		4229-5 J	7/015
7/26		7605-5 J	7/26
H 0 4 L 27/14		9297-5 K	H 0 4 L 27/14
			K
			B

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求(全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平7-526747
 (86) (22) 出願日 平成7年(1995)4月12日
 (85) 翻訳文提出日 平成7年(1995)12月12日
 (86) 国際出願番号 PCT/FI 95/00212
 (87) 国際公開番号 WO 95/28771
 (87) 国際公開日 平成7年(1995)10月26日
 (31) 優先権主張番号 941713
 (32) 優先日 1994年4月13日
 (33) 優先権主張国 フィンランド (F I)
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M C, NL, PT, SE), AU, CN, DE, GB, J P, NO, US

(71) 出願人 ノキア テレコミュニケーションズ オサケ
 ユキチュア
 フィンランド エフイーエン-02600 エ
 スプー メッキレーン ビュイストティエ
 1
 (72) 発明者 イェルヴェレー ミッコ
 フィンランド エフイーエン-90240 オ
 ウル アイッタティエ 2セー12
 (72) 発明者 スオンヴィエリ ユッカ
 フィンランド エフイーエン-33420 タ
 ンペーレ エビレンカテュ 59ペー1
 (74) 代理人 弁理士 中村 稔 (外6名)

(54) 【発明の名称】 無線周波数信号の位相エラーの決定方法、および受信機

(57) 【要約】

本発明は、受信された無線周波数信号の位相エラーを決定するための方法に関する。本発明においては、受信信号のインパルス応答が計算され (1)、測定点が前記信号から選択され (2)、サンプルが前記測定点を囲む領域から抽出される。前記サンプルは、複素適応フィルタによってフィルタリングされ (5)、前記サンプルの位相エラーが、前記フィルタリングの結果から測定され (6)、前記測定された位相エラーに基づいて、受信信号の全体の位相エラーが計算される。また、大きな位相エラーの測定を可能とするために、前記測定点における位相エラーが、予め定められた制限内になるような方法で、前記測定点が、以前に受信された信号から測定された位相エラーに基づいて選択される。また、本発明は、受信信号内の位相エラーおよび周波数エラーを補償する手段を備えている受信機に関する。

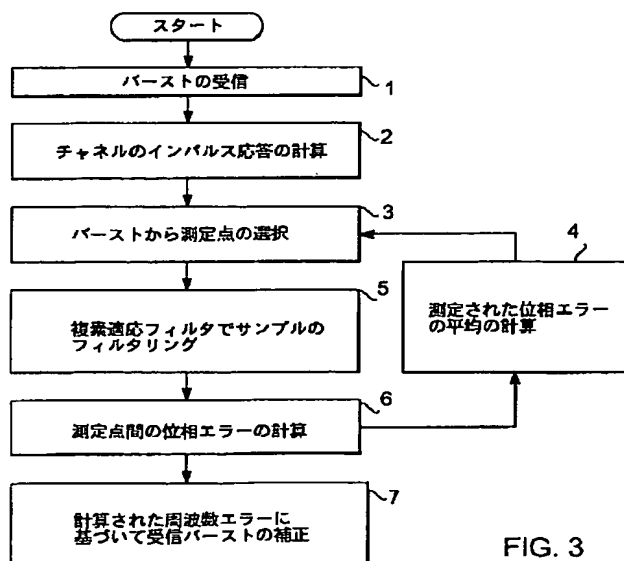


FIG. 3

【特許請求の範囲】

1. 受信した無線周波数信号の位相エラーを決定するための方法であって、
受信信号のインパルス応答が計算され、
測定点が前記信号から選択され、サンプル（S 1， S 2）が前記測定点を囲む領域から抽出され、
前記サンプル（S 1， S 2）が複素適応フィルタによってフィルタリングされ、
前記サンプル（S 1， S 2）の位相エラーが、前記フィルタリングの結果から測定され、
前記測定された位相エラーに基づいて、受信信号の全体の位相エラーが計算される方法において、
前記測定点における位相エラーが、予め定められた制限内になるように、前記測定点が、以前に受信された信号から測定された位相エラーに基づいて選択されることを特徴とする方法。
2. 前記測定点が、以前に測定された位相エラーの平均を計算することによって選択され、測定された位相エラーが、予め定められた制限内になるような方法で、前記測定点が、選択されることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の方法。
3. 前記予め定められた制限が、 0° と 60° の間であり、好ましくは 20° と 40° の間であることを特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の方法。
4. 無線周波数信号が、デジタル移動通信システム、好ましくは GSM システムの受信機によって受信されるバーストであることを特徴とする請求の範囲第1項～第3項のいずれか1項に記載の方法。
5. 2つの測定点が前記バーストから選択され、一方は前記バーストのトレーニング・シーケンスの前であり、他方はその後であり、双方の測定点からのサンプルが16ビット・シーケンスから抽出されることを特徴とする請求の範囲第4項に記載の方法。
6. 受信信号のインパルス応答を計算する手段（12）、

選択された測定点において前記信号のサンプルを抽出するサンプリング手段

(13) 、

サンプルをフィルタリングする複素適応フィルタリング手段 (13) 、
前記フィルタリングされたサンプルの位相エラーを測定する測定手段 (13)

、
前記測定手段 (13) に応じて、前記測定された位相エラーに基づき前記受信
信号の全体の位相エラーを計算する計算手段 (14) 、および

前記受信信号の位相エラーを補償する補償手段 (14、LO ; 18) 、

を備えている、無線周波数信号を受信する受信機において、

前記測定された位相エラーを予め定められた限度内に維持するために、以前
に測定された位相エラーに基づいて、前記サンプリング手段の前記測定点を調整
する調整手段 (13) を備えていることを特徴とする、

受信機。

7. 前記調整手段 (13) が、以前に測定された位相エラーの平均に基づいて前記
サンプリング手段の測定点を調整することを特徴とする請求の範囲第6項に記載
の受信機。

8. 前記受信機が、デジタル移動通信システム、好ましくはGSMシステムの
受信機であり、前記信号が無線バーストであることを特徴とする請求の範囲第6
項または第7項に記載の受信機。

9. 前記補償手段 (14、LO ; 18) が、計算された位相エラーに基づいて受信信
号を補償することを特徴とする請求の範囲第6項～第8項のいずれか1項に記載
の受信機。

10. 前記補償手段 (14、LO ; 18) が、計算された全体の位相エラーの平均に基
づいて受信信号を補償することを特徴とする請求の範囲第6項～第8項のいずれ
か1項に記載の受信機。

【発明の詳細な説明】**無線周波数信号の位相エラーの決定方法、および受信機**

本発明は、受信した無線周波数信号の位相エラーを決定するための方法に関する。本発明においては、受信信号のインパルス応答が計算され、測定点が信号から選択される。サンプルが測定点を取り囲む領域から取られ、サンプルは複素適応フィルタ (complex adapted filter) によってフィルタリングされる。サンプルの位相エラーがフィルタリングした結果から測定され、受信信号の全体の位相エラーが、測定された位相エラーに基づいて計算される。また、本発明は、無線周波数信号を受信する受信機に関する。この受信機は、受信信号のインパルス応答を計算する手段、選択された測定点において信号のサンプルを抽出するサンプリング手段、サンプルをフィルタリングする複素適応フィルタリング手段、フィルタリングされたサンプルの位相エラーを測定する測定手段、前記測定手段に 응답して、測定された位相エラーに基づき受信信号の全体の位相エラーを計算する計算手段、および受信信号の位相エラーを補償する補償手段を備えている。

本発明は、GSM (Group Special Mobile) システムおよびDCS (Digital Cellular System) システムのようなデジタル移動通信システムに特に関係している。例えば、GSMシステムの加入者ステーションは、ベース・ステーションから受信した信号をその周波数の基準として使用する。静止した加入者ステーションにおいては、周波数同期はうまく作動するが、加入者ステーションが移動していると、ドップラー効果により、移動電話の速度に正比例した周波数エラーが起こる。ベース・ステーションによって検出される周波数エラーは、加入者ユニットで見られるものと比べると2倍になる。このため、周波数エラーは、ベース・ステーションについては、より大きな問題となる。さらに、DCSシステムでは、2倍の搬送周波数のために、問題はGSMシステムのその2倍になる。

ドップラー効果に加えて、加入者ステーションの送信機の周波数エラーは、ベース・ステーションの受信側において、付加的な周波数エラーを引き起こす。GSMの仕様は、加入者ステーションの送信機において90Hzの周波数エラーを許

容する。DCSシステムでは、これに対応する値は180Hzである。しかしながら

、欠陥のある加入者ユニットでは、この値は非常に大きくなることもある。

周波数エラーの測定および補償を行う従来技術の解は、バーストの開始部分および終了部分における位相エラーに基づいて、周波数エラーを計算する方法である。位相エラーが分かると、この位相エラーは、受信信号の周波数エラーを計算するために用いられる。測定において、この従来技術の解は、複素適応フィルタの特性を利用する。このフィルタの後、信号の位相エラーは、零に等しくなり、固定した周波数エラーが関係している場所では、位相エラーは、受信バーストの端部に向かって線形に増大する。

上記従来技術の方法の欠点は、測定帯域が狭いことである。大きな周波数エラーは、バーストの端部で大きな位相エラーを引き起こし、大きな位相エラー ($> 60^\circ$) は、信号状態図の過度の巻き込み (convolving) のために、測定エラーを引き起こす。したがって、小さな周波数エラー (400~500Hz以下) のみが、この公知の方法によって測定されることができる。実際に、周波数エラーがあまり大きくなると、測定アルゴリズムは誤った周波数を検出し、このため、周波数エラーの補正に失敗することが示されている。

本発明の目的は、上記問題を解決し、公知の方法による位相エラーよりもかなり大きな位相エラーを測定するための方法を提供することにある。この目的は、本発明の方法によって達成される。本発明の方法は、測定点における位相エラーが予め定められた制限内になるように、より早く受信された信号から測定された位相エラーに基づいて、測定点が選択されることを特徴とする。

本発明は、バースト内の測定点を移動させることにより、以前よりもかなり大きな位相エラーおよび周波数エラーが、測定装置によって測定されるというアイデアに基づいている。一方、測定点を移動させることにより、小さな周波数エラーおよび位相エラーの測定の正確度は改良される。測定点の移動は、バーストの全体の位相エラーの計算に考慮される。このように、本発明による方法の最も重要な利点は、この方法が、従来よりも大きな位相エラーおよび周波数エラーを決定する手段を提供すること、および小さな位相エラーおよび周波数エラーの測定の正確度が改善されるということである。

本発明の目的は、付加的には、本発明の方法を利用することにより、受信信号の周波数エラーが補正される受信機を提供することにある。この目的は、本発明の受信機によって達成される。この受信機は、測定された位相エラーを予め定められた限度内に維持するために、以前に測定された位相エラーに基づいてサンプリング手段の測定点を調整する調整手段を備えていることを特徴とする。

本発明の方法および受信機の好ましい実施例は、添付された請求の範囲の従属項2～5および7～10から明らかである。

以下に、本発明およびその好ましい実施例のいくつかを、添付図面を参照しながら詳細に説明する。

図1は、公知の位相エラー測定方法を示す。

図2は、本発明の位相エラー測定方法を示す。

図3は、受信バースト内の位相エラーが定められ、補正されるフローチャートを示す。

図4は、本発明の受信機の好ましい第1実施例を示す。

図5は、本発明の受信機の好ましい第2実施例を示す。

以下は、GSMシステムに関連した本発明の例示的な説明である。GSMシステムは、例えば1992年のモイリーとポーテット著のパライシュ・フランス「移動通信用GSMシステム」(“The GSM System for Mobile Communications”, M. Moyly and M-B. Pautet, Palaiseau, France, 1992, ISBN:2-9507190-0-7)に、より詳細に説明されている。したがって、ここでは、GSMシステムについて詳細に説明しない。

GSMの仕様によると、通常のバーストは、そのバーストの中央にあるトレーニング・シーケンス(26ビット)によって分離された2つの情報部(58ビット)を含んでいる。さらに、バーストは、そのバーストの両端部に、短い(3ビット)開始シーケンスおよび終了シーケンスを含んでいる。図1に示すように、受信信号の周波数エラーは、伝統的には、端部の位相エラーを測定することによって決定されてきた。したがって、測定点はバーストの端部から選ばれていた。サンプルS1およびS2は、16ビット・シーケンスから抽出される。複素適応フィルタの特性が測定に利用され、これにより、フィルタリングの後、受信信号の位相

エ

ラーは、バーストの中央、すなわちトレーニング・シーケンスにおいて零になる。固定した位相エラーの場合に、バーストの位相エラーは、バーストの端部に向かって線形に増大する。この場合に、バーストの端部における位相エラーを評価することは十分である。

図2は、本発明の位相エラー測定方法を示している。まず、測定点が、バーストの測定範囲の中央部分に適応させられる。ここでは、測定範囲とは、バーストの中央の既知のトレーニング・シーケンス、およびバーストの終端（3ビット）と始端（3ビット）によって制限される2つの範囲をいう。16ビットのサンプルS1およびS2が、測定点から取られる。

選択された測定点の位相エラーが測定された後、予め定められた時間間隔で測定された位相エラー用に、平均値が計算される。求められた平均値が、予め定められた制限値内にないならば、測定された位相エラーが予め定められた制限内にとどまるように、その測定点は、次のバーストの位相エラーの決定前に移動させられる。換言すると、測定された位相エラーが小さいとき、測定点は、バーストの端部に向かって移動させられ、位相エラーが大きいとき、測定点は、バーストの中央のトレーニング・シーケンスに向かって移動させられる。

実験では、測定された位相エラーが 60° またはそれ以上の場合に、信号状態図は過度に巻き込み、そして、この場合に、測定点がバーストの端部にあるならば、位相エラーを決定できなくなることが示されている。中央部に向けて測定点を移動させると、測定の正確度が悪化する。これが、本発明の測定点の動的な調整が必要とされる理由である。

図3は、受信バーストの位相エラーが決定され、補正されるフローチャートを示している。本発明の位相エラー計算方法は、複素適応フィルタの特性に基づいている。

ブロック1で、バーストが受信された後、そのチャンネルのインパルス応答が、ブロック2で計算される。GSMシステムでは、チャンネルのインパルス応答は、相関技術を用いて受信バーストの既知のトレーニング・シーケンスから計算され

る。このシーケンスは、バーストの中央に配置されている（図1および図2参照）。このチャネルのインパルス応答の評価されたタップは、複素適応フィルタに入力

される。このフィルタは、バーストの少なくとも中央において受信信号に完全に適合する。タップは、複素数であり、各バーストごとにそれらの5つがある。タップは、1ビット・ブロック（ $3.69\mu\text{s}$ ）の間隔で評価される。

受信バーストの測定点は、ブロック3で選択される。測定点の選択は、以前に受信されたバーストから測定された位相エラーに基づき、すなわち、図2とともに説明したように、実際にはそれらの平均値に基づいている。以前の測定結果に関する情報は、ブロック4から受け取られる。測定点を選択された後、受信バーストの測定点の回りの16ビット・シーケンスからのサンプルは、前記タップとともに、複素適応フィルタに入力される。

ブロック5において、サンプルは、複素適応フィルタによってフィルタリングされる。例えば、デジタルFIRフィルタを用いることができる。フィルタが受信信号に完全に適合すると、実数の信号が、フィルタリングの結果として受信される。受信バーストに位相エラーがあると、位相エラーは、フィルタリング結果においてフィルタリング結果の虚数部の増加として現れる。この特性は、受信バーストの位相エラーを評価するのに利用される。フィルタリング結果として得られたベクトルは、バーストの開始点およびその逆のバーストの終了点においてそれ自体合計される。結果の位相ベクトル V は、バーストの中央から測定点までの平均位相の反転したものを示している。

バーストの端部における信号の総位相ずれ（移相） β は、位相ベクトル V で与えられる。

$$\beta = 2 \times \arctan(\text{Im}(V) / \text{Re}(V))$$

結果の信頼性を改善するために、バーストの位相エラー β は、付加的に、SACH（Slow Associated Control Channel）フレームの所要時間の間、平均化されてもよい。

ブロック6で受け取られた結果の位相ずれ、すなわち位相エラー β は、ブロッ

ク4および7に与えられる。ブロック4では、予め定められた時間間隔で測定された位相エラーの平均を計算するために、 β は使用される。この情報は、次に受信されるべきバーストの測定点の選択に利用される。

ブロック7では、受信バーストが、計算された位相エラー β に基づいて補正される。周波数エラー補償位相では、各バーストから抽出されたサンプルは、エラー角の反対の値によってその位相を反転することにより補正される。

これを達成するために、計算された位相エラーは、まず、バースト全体の長さにおいて補間される。すなわち、位相エラー β が、例えば128ビットの長さから測定されたものならば、全体の位相エラーの単一ビットの部分は $\beta/128$ である。

信号位相の反転、すなわち位相エラーの補正は、信号点、すなわち各サンプル (I_n, Q_n) を回転行列と乗じることによって達成される。したがって、補正された信号点は、次の式によって与えられる。

$$\begin{bmatrix} \hat{I}_n \\ \hat{Q}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(-\alpha_n) & -\sin(-\alpha_n) \\ \sin(-\alpha_n) & \cos(-\alpha_n) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} I_n \\ Q_n \end{bmatrix}$$

ここで、 α_n は、ビット n の評価および補間された位相エラーである。

図4は、本発明の受信機の好ましい第1実施例を示している。図4は、GSMベース・ステーションの受信ユニットを示している。このユニットは、図3のブロック図にしたがって受信バーストの位相エラーを測定する。無線周波数バーストは、アンテナ10により受信され、受信機11に入力される。受信機11は、発振器LOを用いて入力信号を分解する。その後、受信信号は、AD変換器に与えられる。AD変換器の出力から得られたサンプルは、インパルス応答計算ユニット12、測定ブロック13および補償ユニット18に与えられる。

インパルス応答計算ユニットは、公知の方法でチャネルのインパルス応答を計算し、評価されたチャネル・インパルス応答タップを測定ブロック13に与える。

測定ブロック13は、測定された位相エラーが 0° と 60° の間、好ましくは 20° と 40° の間になるように、計算機14によって計算された測定位相エラーの平均に

基づいて受信バーストから測定点を選択する。続いて、サンプルが双方の測定点からの16ビット・シーケンスから抽出されるように、サンプルは、測定ブロックの選択された測定点から抽出される。次に、サンプルは、複素適応フィルタでフィルタリングされる。受信バーストに位相エラーがあるならば、位相エラーは、フィルタリング結果において、フィルタリング結果の虚数部の増加として現れる。

測定された位相エラーの情報は、計算機14に入力され、そこで、図3とともに示したように全体の位相エラーの計算に使用され、かつ、測定された位相エラーの平均の計算に使用される。計算機14によって計算された平均測定位相エラーは、測定ブロック13に与えられる。計算機14は、信号の補償を必要とする情報を補償ユニット18に与える。

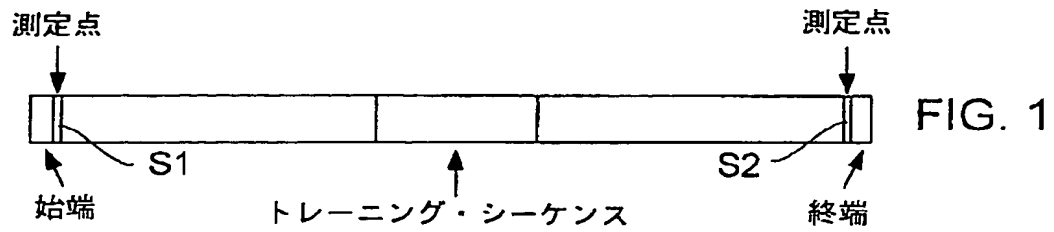
補償ユニット18は、受信信号から抽出されたサンプルを補正し、位相エラー（すなわち、周波数エラー）の影響をサンプルから除去する。これは、各サンプルを図3に示す回転行列と乗じることにより達成される。起こり得る瞬間的な変動の影響を最小化することが可能となるので、補償は、平均位相エラーに基づいて行われることが好ましい。補償ユニットによって補正されたサンプルは、受信信号に適合したフィルタ17に入力される。フィルタ17の出力から得られた信号は、ビタビ検出器15に入力され、そこで、マルチパス送信により引き起こされた相互作用が除去される。ビタビ検出器15の出力信号は、チャネル検出器16に入力され、そこで、受信信号は公知の方法によって復号される。

図5は、本発明の受信機の好ましい第2実施例を示している。図5は、GSMベース・ステーションの受信ユニットを示している。このユニットは、図4では補償ユニット18が計算機14に接続されている点を除いて、図4のものに対応している。この場合に、計算機14は、位相エラー（すなわち、周波数エラー）が補償されるような方法で、平均総位相エラーに基づいて、受信機11の局部発振器LOを調整する。

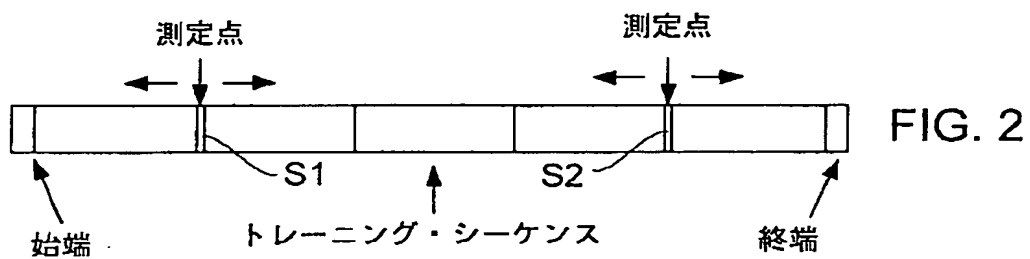
上記説明および添付図面は、本発明を例示する目的でのみ示したものである。したがって、本発明の方法を、GSMシーケンスの例示した場合だけでなく、他

のものとも結びつけて利用することができる。したがって、本発明の方法および受信機の好ましい実施例は、添付した請求の範囲の範囲内で変更することができる。

【図1】



【図2】



【図3】

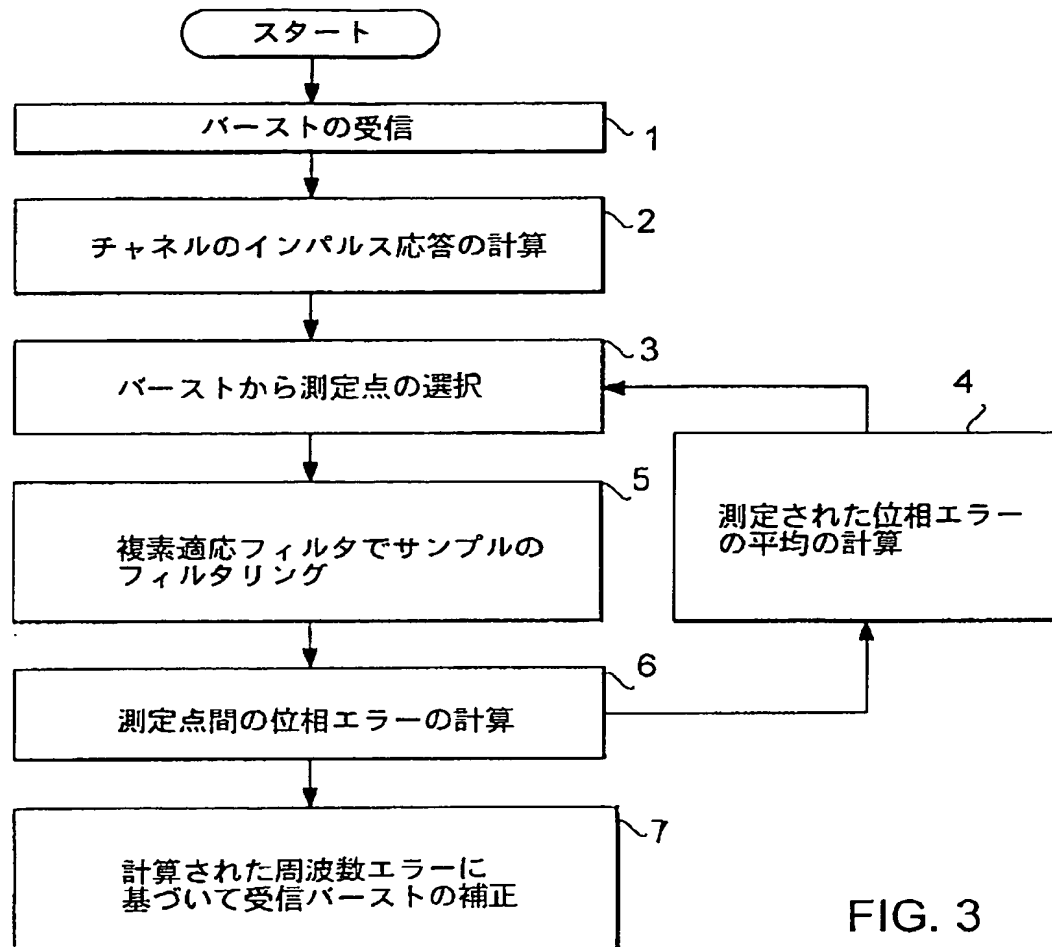
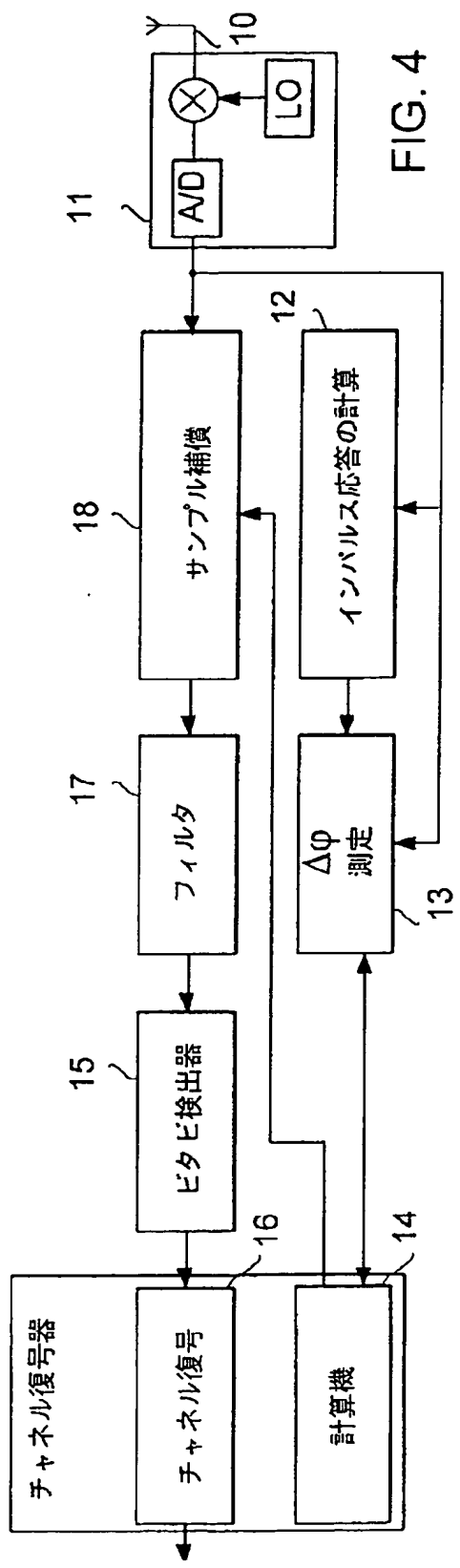


FIG. 3

【図4】



【図 5】

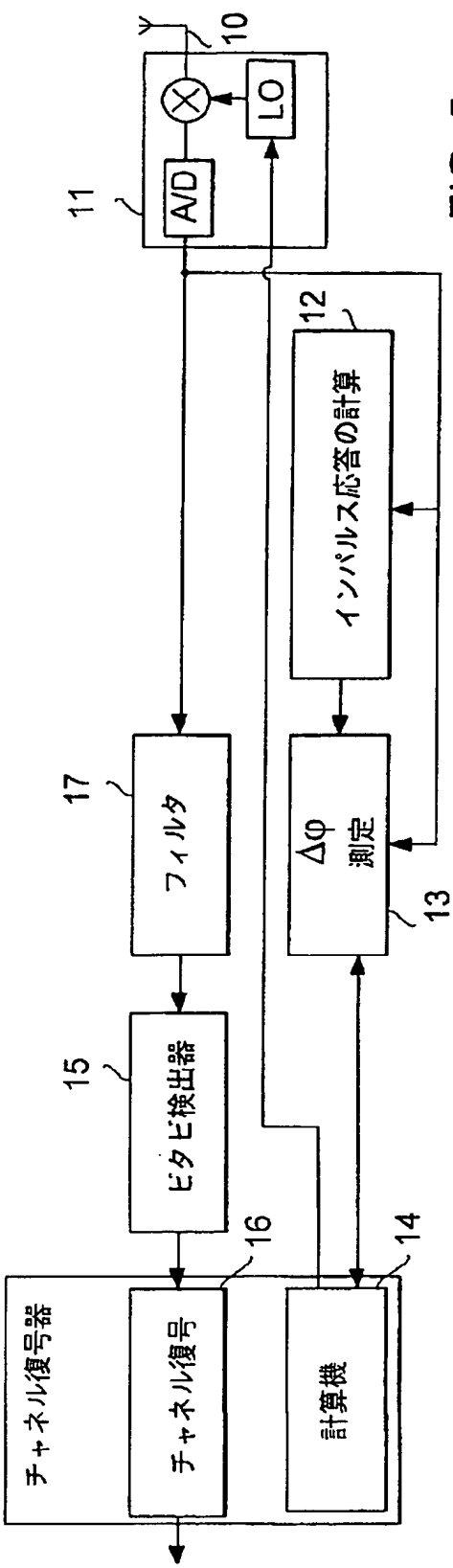


FIG. 5

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/FI 95/00212

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
IPC6: H04L 27/22, H03L 7/091 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
IPC6: H03L, H04L, H04B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
SE,DK,FI,NO classes as above		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CLAIMS, WPI, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WD 9009070 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON), 9 August 1990 (09.08.90), see whole document --	1-10
A	US 5151926 A (SANDEEP CHENNAKESHU ET AL), 29 Sept 1992 (29.09.92), see whole document --	1-10
A	WD 9312601 A1 (NOVATEL COMMUNICATIONS, LTD), 24 June 1993 (24.06.93), see whole document. --	1-10
A	US 5283815 A (SANDEEP CHENNAKESHU ET AL), 1 February 1994 (01.02.94), see whole document -- -----	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "B" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
12 October 1995		14-10-1995
Name and mailing address of the ISA/ Swedish Patent Office Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM Facsimile No. +46 8 666 02 86		Authorized officer Bo Gustavsson Telephone No. +46 8 782 25 00

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

28/08/95

International application No.

PCT/FI 95/00212

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WD-A1- 9009070	09/08/90	AU-B- 619944	06/02/92
		AU-A- 4964490	24/08/90
		CA-A- 2007973	26/07/90
		DE-D,T- 68915166	18/08/94
		DE-D,T- 69007506	30/06/94
		EP-A,B- 0381637	08/08/90
		EP-A,B- 0417155	20/03/91
		SE-T3- 0417155	
		ES-T- 2050419	16/05/94
		FI-B,C- 94192	13/04/95
		HK-A- 78494	12/08/94
		JP-T- 3503831	22/08/91
		NO-B,C- 176899	06/03/95
		SE-B,C- 462943	17/09/90
		SE-A- 8900282	26/01/89
		SG-A- 84094	25/11/94
		US-A- 5093848	03/03/92
US-A- 5151926	29/09/92	NONE	
WO-A1- 9312601	24/06/93	CA-A- 2125489	24/06/93
		EP-A- 0616745	28/09/94
		US-A- 5282228	25/01/94
US-A- 5283815	01/02/94	NONE	